

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт №1 – №4 з курсу
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОЕКТУВАННЯ
КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

для студентів напряму підготовки
6.050101 “Комп'ютерні науки”

ТЕРНОПІЛЬ
2014

УДК 681.3 + 658.511
ББК 32.9
М 54

Укладачі:

канд. техн. наук, доцент Млинко Б.Б.
канд. техн. наук, доцент Фриз М.Є.

Рецензент

докт. техн. наук, професор Щербак Л.М.

Відповідальний за випуск

зав. каф. КН доцент, канд. техн. наук О.В.Мацюк

*Методичні вказівки розроблено у відповідності з навчальним планом
напряму 6.050101 – Комп'ютерні науки.*

*Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук
Протокол № 4 від 07 жовтня 2014р.*

*Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії
факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 25 від 25 жовтня 2014 р.*

М 54 Методичні вказівки до лабораторних робіт №1–№4 з курсу
«Системний аналіз та проектування компютерних інформаційних
систем» / Укладачі: М.Б. Млинко, Фриз М.Є. для студентів напрямку
підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» – Тернопіль : Вид-во
ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 28с.

УДК 681.3 + 658.511
ББК 32.9

© Млинко Б.Б., Фриз М.Є., 2014
© Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014

ЗМІСТ

Вступ.....	4
<i>Лабораторна робота №1. Система. Способи опису системи</i>	6
<i>Лабораторна робота №2. Методи ієрархічного синтезу локальних та глобальних пріоритетів альтернатив (І-й тип ієрархії).....</i>	11
<i>Лабораторна робота №3. Багатокритеріальний вибір на ієрархіях з різним числом і складом критеріїв оцінювання альтернатив.....</i>	18
<i>Лабораторна робота №4. Реалізація методу Дельфі у вигляді ділової гри.....</i>	23
Використана література	28

ВСТУП

Системний аналіз – сукупність методів і засобів, що використовуються при вивченні і конструюванні складних об'єктів, при яких розглядаються їх частини, які називаються підсистемами і елементами, з метою з'ясування впливу зв'язків елементів і підсистем на властивості об'єкту в цілому; при прийнятті рішень під час проектування, створення і управління соціальними, економічними, технічними системами.

Курс „Системний аналіз та проектування комп'ютерних інформаційних систем” потребує засвоєння понятійного апарату загальної теорії систем і його використання в різноманітних областях. На сьогодні ще не існує достатньо строгої теорії системного аналізу і технології його застосування до тих чи інших об'єктів і процесів комп'ютеризації. Це, безумовно, в істотній мірі стосується практично всіх об'єктів і процесів комп'ютеризації.

У результаті вивчення навчального матеріалу дисципліни „Системний аналіз та проектування комп'ютерних інформаційних систем” студент повинен знати:

- основні принципи системного аналізу і теорії прийняття рішень;
- методи системного аналізу складних систем (технологічних комплексів, комп'ютерно-інтегрованих систем керування);
- методи математичного опису структури складних систем та процесу їх функціонування;
- методи синтезу складних систем;
- методи оцінювання ефективності складних систем керування;
- багатокритеріальна оптимізація: принцип Парето;
- метод перетворення графів.

У результаті виконання лабораторних робіт з дисципліни „Системний аналіз та проектування комп'ютерних інформаційних систем” студент повинен отримати практичні навички:

- у застосуванні методів системного аналізу в дослідженні складних систем;
- здійснювати структурний аналіз на основі методів декомпозиції складних систем;
- розробляти моделі структури та процесу функціонування складних систем;
- використовувати процедури прийняття рішень в умовах невизначеності;
- застосовувати системний підхід до створення комп'ютерно-інтегрованих систем керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

СИСТЕМА. СПОСОБИ ОПИСУ СИСТЕМИ.

***Мета роботи:** набутти практичного досвіду створення функціонального, морфологічного, інформаційного описів системи*

Теоретичні відомості

Система – це сукупність елементів, які певним чином взаємопов'язані, утворюють цілісність, а також взаємодіють між собою для виконання заданих цільових функцій.

Система утворює особливу єдність з середовищем та є елементом “надсистеми”. У свою чергу її елементи системи можна розглядати як системи, якщо визначити інший критерій декомпозиції. Виходячи з визначень цієї групи, систему S будемо розглядати у вигляді

$$S = (M, X_s, X_{\bar{s}}, F) \quad (1.1)$$

де M – множина елементів системи,

X_s – множина зв'язків між елементами системи,

$X_{\bar{s}}$ – множина зв'язків між елементами системи та зовнішнім середовищем,

F – множина нових (системних) функцій, властивостей, призначень.

Елемент – це межа членування систем із погляду конкретного аспекту розгляду системи, вирішення конкретного завдання, досягнення поставленої мети.

Систему можна розчленовувати на елементи різними способами залежно від формулювання завдання, мети і її уточнення в процесі системного аналізу.

Сукупність n ізольованих елементів ще не є системою. Для їх вивчення можна провести не більше n дослідних процедур.

В цей же час: для дослідження системи із n взаємозв'язаних елементів, необхідно вивчити $n(n-1)$ зв'язків.

Якщо характеризувати ці зв'язки найпростішим чином, тобто відмічати в будь-який момент часу t_i тільки наявність або відсутність впливу, то загальна кількість станів системи буде дорівнювати $2^{n(n-1)}$.

СПОСОБИ ОПИСУ СИСТЕМ

Різноманітні описи системи відображають певні групи їх властивостей і дозволяють виявити впорядкованість, структурованість і функціональну організованість системи.

Будь-яка система або об'єкт передусім цікаві своїм призначенням, місцем, яке вони займають серед інших систем і об'єктів в навколишньому світі, своєю функцією. Тому для характеристики системи передусім повинен бути одержаний *функціональний опис (ФО)*, який дозволяє оцінити призначення системи, її відношення до інших систем, її контакти з навколишнім світом, напрями можливих функціональних змін. *Функціональний опис* пов'язує зовнішні впливи на систему з її реакцією, відповіддю, поведінкою, дією на елементи системи. *ФО* може задаватися деяким оператором в алгебраїчній, логічній, диференціальній, інтегрально-диференціальній формі, який входить в скалярне, векторне або матричне рівняння. Оператор складається на основі вимірювання зовнішніх характеристик (принцип чорного ящика: вивчення зв'язку — вплив — реакція) або на основі знань про будову системи. *ФО* виходить із цільових функцій системи. Подіслідовність дій при виконанні системою деякої функції відображає зміст закону поведінки, яка залежить від процесів, які протікають від процесів, які протікають в середині системи (закони внутрішньої поведінки), і від процесів, в які залучена вся система в рамках метасистеми (закони зовнішньої поведінки). Кожна підсистема сама містить набір елементів, що виконують свої частки функції, тому закони внутрішнього функціонування системи одночасно є законами зовнішнього функціонування для будь-якої підсистеми цієї системи — закони зовнішнього функціонування першого нижнього рівня.

Уявлення про будову системи дає її *морфологічний опис (МО)*, що дозволяє виділити основні елементи, зв'язки, визначити тип структури. Можливими є три варіанти представлення морфологічного опису: з позицій теоретико-множинного підходу (див. (1.1)), у вигляді

структури (найпоширеніші типи структур наведено на рис. 1.1) та у вигляді відповідної матриці суміжностей.

Нехай структура представлена у вигляді наступного графа з орієнтованими (стрілки показують напрямок передачі впливів та сигналів між елементами) та неорієнтованими дугами (рис. 1.2).

Неорієнтовані дуги можна замінити парою орієнтованих, скерованих у протилежних напрямках, і представити граф у вигляді матриці суміжностей вершин $V=\{v_{ij}\}$, в якій $v_{ij}=1$, якщо в графі є ребро (i,j) від i -ї до j -ї вершини, і $v_{ij}=0$, якщо немає. Отже, матричне представлення буде таким, як на рис. 1.2.

Ці два види опису системи доповнюються третім — *інформаційним описом (ІО)*, що дозволяє судити про рівень її організації (дезорганізації), передбачити в ймовірнісному розумінні реакцію системи на той чи інший вплив. Сюди входить також характеристика інформаційних потоків, циркулюючих в системі і дані про алгоритми взаємодії елементів.

Четвертий вид опису системи пов'язаний з характеристикою процесів зародження системи і еволюцією її розвитку в історичному плані — це *генетико-прогностичний опис (ГПО)*.

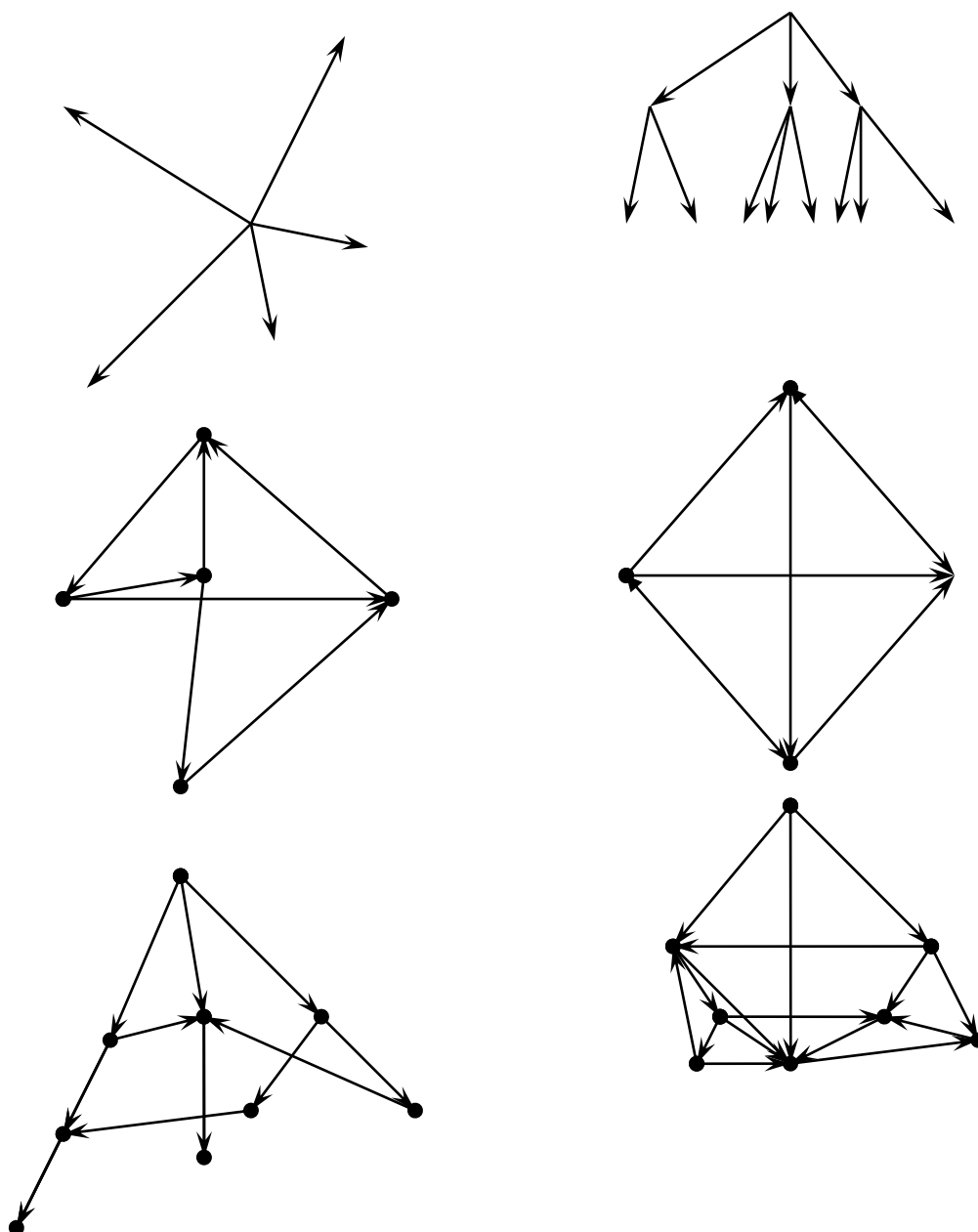


Рис. 1.1 Приклади типів структур

a, б – ієрархічні; *в, г* – багатозв'язні; *д, е* – змішані

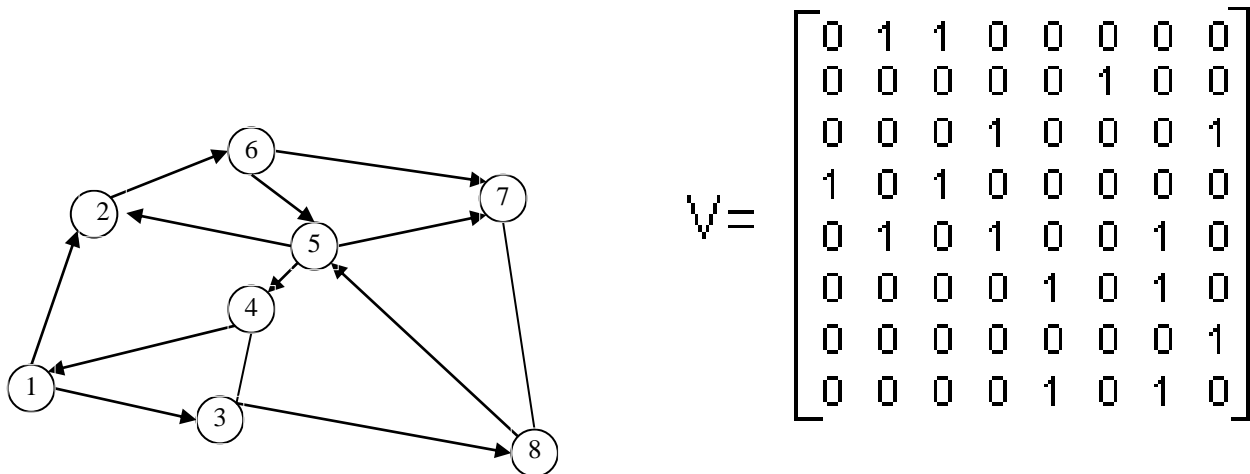


Рис. 1.2 Граф структурної схеми та відповідна матриця суміжностей

Порядок виконання роботи

1. Вибрати довільний об'єкт досліджень (можливі варіанти):
 - інтегрований пакет програм для автоматизації офісної діяльності і системи управління документами;
 - спеціалізовані пакети програм для автоматизації окремих процесів;
 - системний підхід до комп'ютеризації лабораторії;
 - архітектура локальної обчислювальної мережі (ЛОМ), системи керування базами даних (СКБД), корпоративної інформаційної системи (КІС) з точки зору системного аналізу;
 - розглянути модель OSI з точки зору системного аналізу (ідея OSI – кожен рівень виконує свою роль, таким чином загальна задача передачі даних розділяється на окремі і зрозумілі задачі кожного рівня);
 - система мультимедіа (розглянути які саме потоки даних, міжпотоківу адаптацію; пріоритети мультимедійних потоків).
2. Здійснити морфологічний та функціональний описи системи у вигляді (1.1) (для системи в цілому та усіх підсистем, необхідних для досягнення поставленої мети).
3. Представити ієрархічну структуру системи та вказати її вид.
4. Представити ієрархічну структуру системи у вигляді:

- графа з орієнтованими та неорієнтованими дугами;
- відповідної матриці суміжностей (у матричному вигляді).

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- вказаний об'єкт дослідження;
- морфологічний та функціональний описи об'єкту дослідження у вигляді (1.1);
- ієрархічну структуру системи, вказати її приналежність конкретному типу;
- ієрархічну структуру системи у вигляді графа з орієнтованими та неорієнтованими дугами;
- ієрархічну структуру системи у вигляді відповідної матриці суміжностей (у матричному вигляді).
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати.

Контрольні запитання

1. Що таке система?
2. Що таке елемент системи?
3. Що таке декомпозиція?
4. Охарактеризуйте функціональний опис системи.
5. Охарактеризуйте морфологічний опис системи.
6. Охарактеризуйте інформаційний опис системи.
7. Що таке структура? Які види ієрархічних структур вам відомі?
Дайте характеристику кожному з них.
8. Як представити структуру у вигляді графа?
9. Що таке матриця суміжностей та вкажіть особливості її побудови?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

МЕТОДИ ІЄРАРХІЧНОГО СИНТЕЗУ ЛОКАЛЬНИХ ТА ГЛОБАЛЬНИХ ПРІОРИТЕТІВ АЛЬТЕРНАТИВ (І-ИЙ ТИП ІЄРАРХІЇ)

***Мета роботи:** набутти практичного досвіду структурування проблем у ієрархічному вигляді, отримання локальних та глобальних пріоритетів*

Теоретичні відомості

Метод аналізу ієрархій (МАІ) ґрунтується на ієрархічному представленні елементів складної проблеми та використовує оцінки в шкалі відношень. Основним варіантом представлення проблеми є ієрархія з однаковим числом та функціональним складом альтернатив під критеріями, тобто ієрархія, в якій альтернативні варіанти оцінюються за всіма критеріями передостаннього рівня. Побудова ієрархії починається з окреслення проблеми дослідження. Далі будується власне ієрархія, що включає мету (призначення), якій відповідає корінь ієрархії, проміжні рівні (аспекти мети, метакритерії, критерії) і альтернативи, що формують найнижчий ієрархічний рівень.

Елементи задачі в МАІ порівнюються попарно відносно їх дії (ваги, інтенсивності) на спільну для них характеристику. Матриці попарних порівнянь будуються для всіх елементів-нащадків, що належать до відповідного елемента-предка. Парні порівняння реалізуються в термінах домінування одного елемента над іншим. Тобто, назви стовпців та рядків матриці – це назви елементів-нащадків, які порівнюються між собою відносно елемента-предка. Значення елементів матриці – це числа з урахуванням дев'ятибальної шкали (табл. 2.1), які вказують на важливість одного елемента відносно другого. Отримані твердження висловлюються в цілих числах з урахуванням дев'ятибальної шкали (табл. 2.1). Значення елементів цих матриць визначаються в результаті опитування експертів, причому матриця попарних порівнянь є обернено симетричною. Для експерта значно простіше здійснити ряд попарних порівнянь нащадків між собою, аніж спробувати відразу ж присвоїти їм певні значення «ваг», які відображають вклад того чи іншого елемента-нащадка в елемент-предок. Цим і пояснюється необхідність застосування методу попарних

Таблиця 2.1 - Шкала відносної важливості

Бал, k	Визначення	Примітка
1	Однакова важливість	Однаковий вклад двох елементів у мету
3	Помірна перевага	Незначна перевага одного елемента над іншим
5	Суттєва перевага	Відчутна перевага одного елемента над іншим
7	Значна перевага	Практично значна перевага одного елемента над іншим
9	Дуже велика перевага	Очевидна перевага - домінування одного елемента над іншим
2,4,6,8	Проміжні значення	Застосовуються в перехідних випадках
1/k	Обернені величини	Використовуються для оцінки не переважаючих елементів

порівнянь, тому що ця інформація надалі використовується для отримання значень «ваг» та оцінювання послідовності тверджень експерта. Змістовно цьому відповідає знаходження бажаності, сили впливу, цінності чи ймовірності для кожного окремого об'єкта-нащадка відносно безпосереднього об'єкта-предка. Локальні пріоритети отримуються шляхом обчислення множини головних власних векторів для кожної з обернено симетричних матриць ієрархії згідно формули:

$$A \cdot x = \lambda_{\max} \cdot x \quad (2.1)$$

де $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - головний власний вектор квадратної матриці попарних порівнянь $A = \{a_{ij}\}$;

λ_{\max} – максимальне власне значення матриці A .

Локальний пріоритет відображає пріоритет елемента-нащадка стосовно інших елементів-нащадків по відношенню до елемента-предка.

У процесі формування матриці попарних порівнянь на матрицю накладається обмеження оберненої симетричності, що сприяє поліпшенню однорідності та послідовності тверджень експерта. Для оцінки однорідності тверджень експерта доцільно використати відхилення величини максимального власного значення від порядку матриці. Кількісними характеристиками непослідовності тверджень експерта є індекс узгодженості та відношення узгодженості.

Індекс узгодженості визначається наступним чином:

$$I_y = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (2.2)$$

де I_y – індекс узгодженості;

λ_{\max} – максимальне власне число ($\lambda_{\max} \approx n$);

n – порядок матриці.

Середні значення індексу узгодженості $M(I_y)$ для випадкових матриць різної розмірності наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Середні значення індексу узгодженості

Розмірність матриці, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серед.значення індексу узгодж-ті, $M(I_y)$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Відношення узгодженості I_0 визначають наступним чином:

$$I_0 = I_y / M(I_y) \quad (2.3)$$

Основним завданням МАІ є розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив, тобто пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії (головної мети). Для виявлення глобальних пріоритетів локальні пріоритети розміщуються по відношення до кожного критерію. Локальні пріоритети перемножуються на пріоритет відповідного критерію, що стоїть на вищому рівні і потім сумуються по кожному елементу. Ієрархічний синтез використовується для зважування власних векторів матриць парних порівнянь альтернатив вагами критеріїв (елементів), що наявні в ієрархії, а також для обчислення загальних пріоритетів альтернатив. Після розв'язання задачі ієрархічного синтезу оцінюється однорідність ієрархії загалом за допомогою підсумовування показників однорідності всіх рівнів, приведених шляхом «зважування» до першого ієрархічного рівня, де знаходиться коренева вершина.

Порядок виконання роботи

1. Описати предметну область системного аналізу та поставити проблему, яку необхідно розв'язати (конкретна область та задача вибираються самостійно або за рекомендацією викладача).
2. Охарактеризувати множину альтернатив (не менше п'яти), серед яких треба зробити вибір.
3. Здійснити декомпозицію проблеми у вигляді ієрархії (необхідна умова: не менше 4-х рівнів).
4. Розрахувати локальні характеристики вершин ієрархії (при цьому слід мати на увазі, що ієрархічний синтез слід починати з **2-го рівня**), а саме:
 - 4.1. Побудувати наступні матриці попарних порівнянь (МПП) факторів (**2-го рівня**) відносно проблеми (**1-го рівня**), критеріїв (**3-го рівня**) відносно факторів (**2-го рівня**) і аналогічно усіх наступних нащадків відносно свого предка, включаючи альтернативи (**N-го рівня**) відносно

критеріїв ($N-1$ -го рівня), використовуючи шкалу відносної важливості МАІ (таблиця 2.1).

- 4.2. Знайти власні вектори $x_1^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}$; $x_1^{(2)}, \dots, x_3^{(2)}$... для кожної МПП, включаючи власні вектори матриць попарних порівнянь альтернатив відносно критеріїв $P_1^{(N-1)}, P_2^{(N-1)}, P_3^{(N-1)}, \dots, P_N^{(N-1)}$, використовуючи формулу (2.1). Для того, щоб знайти локальні пріоритети альтернатив відносно критерію, який стоїть на вищому рівні, потрібно розрахувати власний вектор матриці попарних порівнянь даних альтернатив відносно критерію. Значення власного вектора і будуть значеннями локальних пріоритетів.
5. Знайти значення індексу узгодженості для кожної МПП, використовуючи формулу (2.2).
6. Знайти значення відношення узгодженості для кожної МПП, використовуючи формулу (2.3) та таблицю 2.2 (прийнятним твердження експерта вважається тоді, коли значення відношення узгодженості $< 0,1$).
7. Розрахувати глобальні пріоритети альтернатив, тобто векторів пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії, а саме:
 - 7.1. Розрахувати вектори пріоритетів альтернатив відносно кожного із факторів (наприклад, якщо є 3 фактори $Q_1^{(2)}, Q_2^{(2)}, Q_3^{(2)}$, то відносно кожного із цих факторів будуть відповідно 3 вектори пріоритетів альтернатив $P_1^{(2)}, P_2^{(2)}, P_3^{(2)}$). Кожний із останніх визначається шляхом перемножування матриці, сформованої із значень відповідних локальних векторів пріоритетів альтернатив $p_j^{(i)}$ відносно відповідних їм критеріїв $Q_j^{(i)}$, які є прямими нащадками єдиного для них предка - відповідного фактора на локальний вектор пріоритетів $x_j^{(i)}$, що визначає значимість відповідних критеріїв, розташованих під розглядуваним фактором.
 - 7.2. Визначити вектор пріоритетів альтернатив $P_1^{(1)}$ відносно фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$. Це виконують, шляхом перемножування матриці, сформованої із значень

векторів пріоритетів альтернатив $P_j^{(i)}$, отриманих у п.7.1, відносно факторів $Q_j^{(i)}$, які є прямими нащадками єдиного для них предка - фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$ на локальний вектор пріоритетів $x_j^{(i)}$, що визначає значимість відповідних факторів відносно фокуса ієрархії.

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- побудовану ієрархію;
- побудовані матриці попарних порівнянь (МПП);
- знайдені локальні пріоритети нащадків відносно свого предка $x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, x_3^{(2)}$ та альтернатив $P_1^{(3)}, P_2^{(3)}, P_3^{(3)}, \dots, P_7^{(3)}$ відносно критеріїв;
- знайдені значення індексу узгодженості для кожної МПП;
- знайдені значення відношення узгодженості для кожної МПП та перевірка правильності твердження експерта.
- знайдені вектори пріоритетів альтернатив $P_j^{(i)}$ відносно факторів $Q_j^{(i)}$;
- знайдений вектор пріоритетів альтернатив $P_1^{(1)}$ відносно фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$.
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати;
- додатки (тексти програм).

Контрольні запитання

1. У чому полягає суть методу аналізу ієрархій?
2. Які основні типи ієрархій розглядаються в МАІ?
3. Яка послідовність побудови ієрархії в МАІ?
4. Що таке «локальний пріоритет»?
5. В якій послідовності будуються матриці попарних порівнянь та для чого вони служать ?
6. В якій шкалі реалізуються парні порівняння?
7. Які змістовні градації є в шкалі відносної важливості МАІ?
8. Чим пояснюється побудова матриць попарних порівнянь в МАІ?
9. Якими методами можуть бути обчислені значення локальних пріоритетів?
10. Алгоритм розрахунку локальних характеристик вершин ієрархії?
11. Навіщо здійснюється оцінювання послідовності тверджень експерта?
12. Виходячи з яких міркувань будується індекс узгодженості?
13. Який змістовний сенс має відношення узгодженості?
14. Що є метою ієрархічного синтезу?
15. Які основні кроки алгоритму синтезу глобальних пріоритетів?
16. Яким чином оцінюється однорідність ієрархії?
17. Особливості ієрархічного представлення проблем в МАІ.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР НА ІЄРАРХІЯХ З РІЗНИМ ЧИСЛОМ І СКЛАДОМ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ (II-ИЙ ТИП ІЄРАРХІЇ)

Мета роботи: *набути практичного досвіду використання структурного критерію та визначення вектора пріоритетів альтернатив за умови оцінювання їх різною кількістю критеріїв*

Теоретичні відомості

Метод аналізу ієрархій є достатньо універсальним і за певних умов може використовуватися й для узагальнених випадків дослідження складних проблем (наприклад, коли не всі альтернативи порівнюються чи можуть бути порівняні за всіма критеріями чи не всі критерії можуть бути застосовані для оцінювання якості альтернатив). В наведених варіантах йдеться про методи усунення цієї додаткової невизначеності таким чином, щоб за певних припущень (тобто використати структурний критерій) перетворити задачу до стандартного вигляду. За таких припущень такі узагальнення можна зробити і успішно застосувати метод аналізу ієрархій до нестандартних ситуацій.

Задача, коли альтернативи, що можуть бути оцінені за певною множиною критеріїв, з тих чи інших причин оцінюються експертом не за всіма критеріями характерна для ситуацій, у яких множина критеріїв є надлишковою щодо однієї чи декількох альтернатив. Отже, у розглянутому випадку експерт має різну кількість альтернатив під кожним критерієм чи під їх частиною (рис. 3.1) - це другий тип ієрархії.

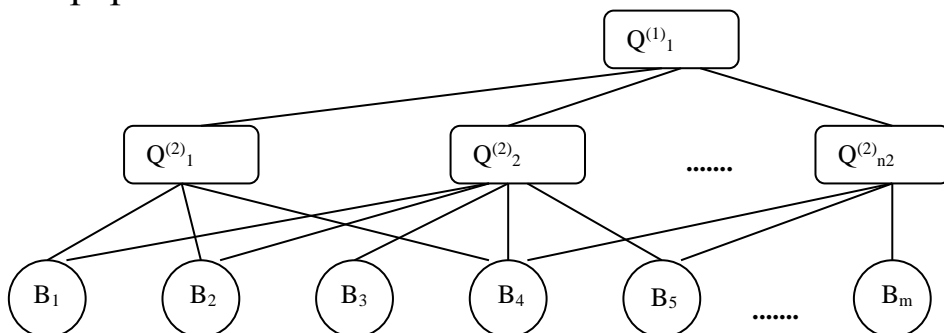


Рис. 3.1 Ієрархія з різним складом критеріїв оцінювання альтернатив

Зрозуміло, що у цьому випадку різні альтернативи оцінюються за різною кількістю критеріїв, і існує принципова невизначеність в тому, яким чином врахувати цю ситуацію.

Для розв'язання таких задач використовується модифікація методу аналізу ієрархій з використанням структурного критерію, що дозволяє експерту змінювати при необхідності вагу альтернатив, пов'язаних з відповідними критеріями. Можливість застосування структурного критерію обумовлена тим, що в критеріїв-предків з високим пріоритетом в ієрархії припускається наявність великого числа альтернатив-нащадків, а в критеріїв-предків з низьким пріоритетом — значно менше число альтернатив-нащадків. Спосіб формування структурного критерію може бути довільним, і це є головною проблемою в обґрунтуванні такого підходу. З врахуванням структурного критерію альтернативи менш розрізняються між собою у групі, аніж без його врахування (йдеться про те, що коли є велика кількість альтернатив, наприклад 100, то їх важко піддати розгляду і тоді вдаються до групування альтернатив).

Порядок виконання роботи

1. Первісну проблему структурувати у виді ієрархії критеріїв $Q=(Q_1, \dots, Q_n)$ та альтернатив $B=(B_1, \dots, B_m)$ (ієрархія II-типу), причому ієрархія повинна мати один рівень критеріїв, об'єднаних фокусом. Можна використати ієрархію, побудовану у лаб. Роботі №2 з внесенням наступних змін:
 - а) зменшити кількість рівнів ієрархії (залишити для розгляду не більше 3х-рівнів);
 - б) I-й тип ієрархії перетворити у II-й тип.
2. На основі ієрархічної структури визначається бінарна матриця $H = \{h_{ij}\}$, $h_{ij} \in \{0;1\}$, $i \in \overline{1, m}$, $j \in \overline{1, n}$. Якщо альтернатива B_i оцінюється за критерієм Q_j , то $h_{ij} = 1$, якщо ні, то 0.
3. Здійснити експертну оцінку альтернатив за відповідними критеріями, використовуючи метод попарного порівняння.
4. Визначити головні власні вектори матриць попарних порівнянь ієрархії. На основі наявних матриць попарних порівнянь альтернатив за критеріями побудувати матрицю головних власних векторів A , стовпці якої є векторами пріоритетів альтернатив відносно критеріїв:

$$A = \begin{matrix} & Q_1 & Q_2 & \dots & Q_n \\ B_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n_s} \\ B_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n_s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_r & a_{r1} & a_{r2} & \dots & a_{rn_s} \end{matrix},$$

де $a_{ij} = 0$, якщо альтернатива B_i не оцінюється за критерієм Q_j . Вектори в цій матриці мають різне число ненульових значень, можуть бути нормованими чи ненормованими в залежності від використаного методу порівняння альтернатив.

5. Сформувати нормуючу матрицю S для матриці векторів пріоритетів альтернатив A та матрицю структурного критерію L :

$$S = \begin{pmatrix} Q_1 & Q_2 & \dots & Q_n \\ \left(\sum_{i=1}^r a_{i1}\right)^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \left(\sum_{i=1}^r a_{i2}\right)^{-1} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \left(\sum_{i=1}^r a_{in}\right)^{-1} \end{pmatrix}, \quad L = \begin{pmatrix} Q_1 & Q_2 & \dots & Q_n \\ \frac{r_1}{k} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{r_2}{k} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{r_n}{k} \end{pmatrix}$$

де r_i — число альтернатив множини B , що порівнюються за критерієм Q_j , $k = \sum_{j=1}^n r_j$ - загальна кількість зв'язків від критеріїв до альтернатив.

Нормування не використовується тоді, коли сума елементів по кожному стовпці матриці векторів пріоритетів альтернатив A рівна 1.

6. Визначити вектор p пріоритетів альтернатив відносно критеріїв.

а) для випадку, коли матриця A ненормована:

$$x = A \times S \times L \times x_1^{(1)}; B = \begin{pmatrix} \left(\sum_{i=1}^m x_i\right)^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \left(\sum_{i=1}^m x_i\right)^{-1} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \left(\sum_{i=1}^m x_i\right)^{-1} \end{pmatrix}, p = B \times x$$

де $x_1^{(1)}$ - вектор пріоритетів критеріїв відносно головної мети.

б) для випадку, коли A нормована: $x = A \times L \times x_1^{(1)}$;

аналогічно, як у попередньому випадку, формуємо матрицю B ; $p = B \times x$.

7. Проробити пункти 5, 6, не враховуючи структурного критерію
Визначити вектор p' пріоритетів альтернатив відносно критеріїв.

а) для випадку, коли матриця A ненормована:

$$p' = A \times S \times x_1^{(1)}$$

$$x = A \times S \times x_1^{(1)}$$

$$p' = B \times x$$

б) для випадку, коли A нормована:

$$p' = A \times x_1^{(1)}$$

$$x = A \times x_1^{(1)}$$

$$p' = B \times x$$

8. Після завершення розрахунків провести додатковий якісний аналіз отриманих результатів з використанням структурного критерію та без нього та зробити відповідні висновки.

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- побудовану ієрархію;
- бінарну матрицю;
- побудуванні матриці попарних порівнянь (МПП);
- знайдені головні власні вектори матриць попарних порівнянь ієрархії та побудовану матрицю головних власних векторів A ;
- побудовані: нормуюча матриця S та матриця структурного критерію L ;
- знайдені вектори пріоритетів альтернатив відносно критеріїв p (із врахуванням структурного критерію) та p' (без врахування структурного критерію);
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати;
- додатки (тексти програм).

Контрольні запитання

1. Що таке ієрархія II-типу?
2. До якого типу задач застосовується багатокритерійний вибір на ієрархіях?
3. Яку роль відіграє структурний критерій при оцінюванні ієрархій другого типу?
4. Алгоритм отримання рішень на ієрархіях з різним числом і складом критеріїв оцінювання альтернатив.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ДЕЛЬФІ У ВИГЛЯДІ ДІЛОВОЇ ГРИ

***Мета роботи:** набути практичного досвіду у застосуванні Дельфі-процедур*

Теоретичні відомості

Метод Дельфі був розроблений для розв'язання складних стратегічних проблем з метою отримання інформації про майбутнє, гранично зменшити вплив суб'єктивного фактора, стимулювати способи мислення спеціалістів шляхом створення інформаційної системи з оберненими зв'язками, усунути завади в обміні інформацією між фахівцями, тиск авторитету та інші форми тиску, забезпечити підвищення достовірності прогнозів шляхом спеціальних процедур кількісного оцінювання думок експертів та їх опрацювання.

У складніших варіантах методу Дельфі розробляється програма послідовних індивідуальних опитувань за допомогою анкет-запитальників, що виключають контакти між експертами, але передбачають ознайомлення їх з думками один одного між турами. Запитальники від туру до туру можуть уточнюватися. Для зниження впливу таких факторів, як пристосування до думки більшості, іноді потрібно, щоб експерти обґрунтовували свою точку зору, але це не завжди приводить до бажаного результату, і в деяких випадках навпаки, може підсилити ефект пристосування. У найрозвинутіших варіантах методу експертам присвоюють вагові коефіцієнти значимості їхніх тверджень, що обчислюються на основі попередніх опитувань, уточнюються від туру до туру і враховуються при одержанні узагальнених результатів оцінок.

В розповсюдженому варіанті методу Дельфі:

- під час першого туру для експертів формулюється мета експертизи та перелік запитань у вигляді анкети, можливо з поясненням. Для складних систем пояснення може бути представлене у вигляді концептуальної моделі системи та характеру можливих відповідей. Оформлені результати-відповіді експертів на анкеті — опрацьовуються аналітичною групою. Аналітична група визначає граничні точки зору — найвищі та

найнижчі оцінки для кожної альтернативи, середнє значення, верхні та нижні значення оцінок.

- На другому турі експерти отримують наступну інформацію: *усереднені оцінки* альтернатив та обґрунтування (анонімні) граничних оцінок альтернатив, — та корегують у відповідності до неї попередні оцінки. Скорегована інформація опрацьовується аналітичною групою.
- Третій та четвертий тур за змістом не відрізняються від другого, при переході від туру до туру покращується узгодженість оцінок. Однак в деяких випадках думки експертів мають тенденцію до поляризації (внаслідок наявності різних фахівців, представників протилежних наукових шкіл, неоднакової інтерпретації первинної інформації, недостатньо чітко сформульованих запитань, неоднозначного розуміння цілей експертизи). Користь методу Дельфі в цьому випадку полягає у виявленні поляризованих точок зору у різних груп експертів.

Кількість турів визначається ступенем узгодженості між експертами та наявністю або відсутністю поляризації.

Отже, основними особливостями методу Дельфі як достатньо надійного інструменту отримання експертної інформації є:

- анонімність висловлювань;
- обґрунтування думок експертів з граничними оцінками;
- наявність оберненого зв'язку, що реалізується за допомогою багатокрокового опитування.

Порядок виконання роботи

1. Описати предметну область системного аналізу та поставити проблему, яку необхідно розв'язати (конкретна область та задача вибираються самостійно або за рекомендацією викладача).

Охарактеризувати множину альтернатив (не менше чотирьох).

Здійснити декомпозицію проблеми у вигляді ієрархії (необхідна умова: не менше 4-х рівнів).

2. Оцінити важливість n -альтернативних варіантів розв'язання складної проблеми. Оцінювання проводити як в методі аналізу

ієрархій за допомогою попарних порівнянь альтернатив з наступним визначенням головного власного вектора для матриць попарних порівнянь кожного з експертів, який є вектором пріоритетів альтернатив.

3. Отримані результати звести в наступну таблицю 4.1

Таблиця 4.1 - Значення векторів пріоритетів альтернатив відносно фокуса

Альтернативи, №	Експерти, n				
	1	2	3	...	n
1					
2					
3					
...					
N					

4. Визначити зведені характеристики першого туру (середнє значення, середньо-квадратичне відхилення (СКВ), граничні значення, узгодженість оцінок-різниці граничних значень) методу Дельфі (виконує аналітик, опрацьовуючи дані табл.4.1). Отримані результати занести у табл.4.2.
5. Визначити експертів, які повинні формувати пояснення (виконує аналітик). Отримані результати занести у табл.4.2.
6. Визначити інформацію, що надаватиметься на другий тур.

Таблиця 4.2 – Результати опрацювання аналітиком експертного опитування

Альтернативи, №	Середнє значення	СКВ	Узгодженість оцінок	Експерти	Граничні значення	
					Мінім.	Максим.
1						
2						
3						
...						
N						

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- побудовану ієрархію;
- матриці попарних порівнянь (МПП), побудуванні кожним із експертів;
- знайдені локальні пріоритети нащадків відносно свого предка $x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, x_3^{(2)}$ та альтернатив $p_1^{(3)}, p_2^{(3)}, p_3^{(3)}, \dots, p_7^{(3)}$ відносно критеріїв;
- знайдені вектори пріоритетів альтернатив $P_j^{(i)}$ відносно факторів $Q_j^{(i)}$;
- знайдений вектор пріоритетів альтернатив $P_1^{(1)}$ відносно фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$;
- Значення векторів пріоритетів альтернатив відносно фокуса та результати опрацювання аналітиком експертного опитування представити відповідно у таблицях 4.1, 4.2;
- анонімні обґрунтування граничних значень оцінок альтернатив від відповідних експертів;
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати;
- додатки (тексти програм).

Контрольні запитання

1. У чому полягають особливості основних класів проблем, до розв'язання яких застосовуються методи експертних оцінок?
2. Що є суттю експертних оцінок?
3. Що є призначенням методу Дельфі ?
4. Опишіть характерні особливості методу Дельфі.
5. Які основні кроки методу Дельфі?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник, издание 2. – СПб.: Издательство СПбГТУ, 1999.
2. Губанов и др. Введение в системный анализ. – Л.: Из-во ЛГУ, 1979.
3. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория многоуровневых иерархических систем. — М.: Мир, 1973.
5. Конспект лекцій.
6. <http://bibl.kma.mk.ua/index.php?m=2&b=199>

*Редактор Гриценко Є.І.
Коректор Радик М.Д.
Комп'ютерне макетування Капаціли Б.Ю.*

Формат 60×90 Папір ксероксний.
Обл.вид.арк. 1,79
Наклад 100 прим. Зам. № 2467

Видавництво Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001
E-mail :vydavnytstvo@tu.edu.te.ua

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Навчально-методична література